

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラコード* (参考)
H 0 4 B 7/26		H 0 1 Q 3/26	Z 5 J 0 2 1
H 0 1 Q 3/26		H 0 4 B 1/04	Z 5 K 0 5 9
H 0 4 B 1/04			5 K 0 6 0
	7/06		A 5 K 0 6 7
	7/10		B
		審査請求 未請求	予備審査請求 有 (全 53 頁)
(21) 出願番号	特願2000-530959(P2000-530959)	(71) 出願人	アーレイコム インコーポレイテッド
(86) (22) 出願日	平成11年2月3日(1999.2.3)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州
(85) 翻訳文提出日	平成12年8月2日(2000.8.2)		95134 サン ホセ ザンカー ロード
(86) 国際出願番号	P C T / U S 9 9 / 0 2 1 0 8		3141
(87) 国際公開番号	W O 9 9 / 4 0 6 4 8	(72) 発明者	バーラット クレイグ エイチ
(87) 国際公開日	平成11年8月12日(1999.8.12)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州
(31) 優先権主張番号	0 9 / 0 2 0 , 6 1 9		94062 レッドウッド シティー レイク
(32) 優先日	平成10年2月9日(1998.2.9)		ヴィニュー ウェイ 1060
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	バリッシュ デヴィッド エム
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州
			94022 ロス アルトス トーアウッド
			レーン 614
		(74) 代理人	弁理士 中村 稔 (外 9 名)

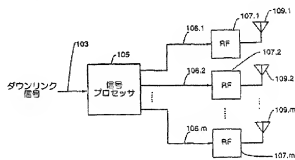
最終頁に続く

- (54) 【発明の名称】 アンテナアレーを有する通信ステーションからの逐次送信によるダウンリンクブロードキャストイング

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、所望のセクターにわたり所望の放射レベルを達成するために通信ステーションから1つ以上の加入者ユニットへダウンリンク信号(103)を送信するための方法及び装置に係る。

【解決手段】 通信ステーションは、アンテナ素子(109.1-109.M)のアレーと、複素数値重みベクトルのシーケンスの1つに基づいてダウンリンク信号を重み付けするようにプログラムされた(プログラマブル信号プロセッサの場合に)1つ以上の信号プロセッサ(105)を含む。上記方法は、ダウンリンク信号の送信を逐次繰り返すことを含み、各繰り返しは、上記シーケンスの全ての重みベクトルが送信されるまで上記シーケンスからの異なる重みベクトルで行われる。上記シーケンスは、少なくとも1つの繰り返し中に所望の放射レベルを達成するように構成される。このように、所望の領域の各ユーザに、ある時間周期中に送信がなされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通信ステーションから1つ以上の加入者ユニットへダウンリンク信号を送信するための方法であって、通信ステーションは、アンテナ素子のアレーを含み、各アンテナ素子は、入力及び出力を有する関連送信装置に接続され、各アンテナ素子の接続は、その関連送信装置の出力へなされ、関連送信装置の入力、信号プロセッサに接続され、上記方法は、

1組の異なる信号処理手順の各特定の信号処理手順に対し、以下の段階を繰り返すことを含み、各信号処理手順は、ダウンリンク信号を処理して、複数の処理されたダウンリンクアンテナ信号を形成するためのものであり、各信号処理手順は、ダウンリンク信号をそれに対応する重みベクトルに基づき位相及び振幅について重み付けすることを含み、各処理されたダウンリンクアンテナ信号は、アレーにおける意図されたアンテナ素子を有し、

(a) 特定の信号処理手順に基づいてダウンリンク信号を処理して、特定の複数の処理されたダウンリンクアンテナ信号を形成し、そして

(b) 特定の複数の処理されたダウンリンクアンテナ信号の各処理されたダウンリンクアンテナ信号を、意図されたアンテナ素子の関連送信装置を経て意図されたアンテナ素子へ通過させることにより、ダウンリンク信号を送信し、

上記1組の異なる信号処理手順は、上記送信段階(b)の少なくとも1つの繰り返し中に所望のセクター内の任意の位置に所望の放射レベルを達成するように構成されたことを特徴とする方法。

【請求項2】 上記所望の放射レベルは、非ナールレベルである請求項1に記載の方法。

【請求項3】 上記所望のセクターは、ある範囲の方位を含む請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】 上記方位の範囲は、アンテナアレーの方位の全範囲である請求項3に記載の方法。

【請求項5】 上記信号プロセッサは、プログラマブルプロセッサを含み、そして各信号処理手順は、プログラマブルプロセッサにおいて1組のプログラム命令を実行することを含む請求項1、2、3又は4に記載の方法。

【請求項6】 各異なる処理手順において重み付けに使用される各対応する重みベクトルは、異なる重みベクトルのシーケンスの異なる重みベクトルであり、各対応する重みベクトルに基づく重み付けは、複数の処理されたダウンリンクアンテナ信号を発生し、上記重みベクトルのシーケンスは、上記送信段階（b）の少なくとも1つの繰り返し中に所望セクターの任意の位置に所望の放射レベルを達成するように構成された請求項1、2、3又は4に記載の方法。

【請求項7】 上記重みベクトルのシーケンスの重みベクトルは、メモリに予め記憶される請求項6に記載の方法。

【請求項8】 上記重みベクトルのシーケンスの重みベクトルは、1組の1つ以上の原型重みベクトルから計算され、この1組の原型重みベクトルは、メモリに予め記憶される請求項6に記載の方法。

【請求項9】 1組の異なる信号処理手順の各異なる手順は、異なる組の後処理手順の対応シーケンスの、1組の後処理手順も含み、

上記対応する重みベクトルは、異なる組の信号処理手順のシーケンスの、各組の手順に対して本質的に同一であり、そして

上記段階（a）の繰り返しは、

(i) ダウンリンク信号をそれに対応する重みベクトルに基づいて重み付けして、複数のダウンリンクアンテナ信号を形成し、そして

(ii) 1組の後処理手順の異なる後処理手順を複数のダウンリンクアンテナ信号の各ダウンリンクアンテナ信号に適用して、特定の複数の処理されたダウンリンクアンテナ信号の各処理されたダウンリンクアンテナ信号を形成することを含む請求項1、2、3又は4に記載の方法。

【請求項10】 異なる組の後処理手順の対応シーケンスの、各組の後処理手順は、異なる組の位相シフトを適用することを含む請求項9に記載の方法。

【請求項11】 各異なる組における位相シフトは、互いにランダムである請求項10に記載の方法。

【請求項12】 異なる組の後処理手順の対応シーケンスの、各組の後処理手順は、異なる組の時間遅延を適用することを含む請求項9に記載の方法。

【請求項13】 対応する1組の異なる後処理手順の各後処理手順は、異なる

る周波数オフセットを適用することを含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 4】 上記通信ステーションは、FDMA/TDMA システムの一部である請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 5】 上記通信ステーションは、GSM 通信プロトコルの変形に基づいて動作する請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】 上記通信ステーションは、PHS 通信プロトコルの変形に基づいて動作する請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 7】 上記通信ステーションは、CDMA システムの一部である請求項 1 ないし 1 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 8】 上記重みベクトルシーケンスの各重みベクトルは、同じ振幅とランダムな位相とを有するエレメントを有する請求項 6 に記載の方法。

【請求項 1 9】 上記重みベクトルシーケンスの各重みベクトルのエレメントは、同じ大きさを有する請求項 6 に記載の方法。

【請求項 2 0】 上記重みベクトルシーケンスにおける重みベクトルの数は、アンテナの数と同じであり、アンテナの数は  $m$  で表され、そして重みベクトルシーケンスの重みベクトルは直交する請求項 6 に記載の方法。

【請求項 2 1】 上記重みベクトルシーケンスの各重みベクトルのエレメントは、同じ大きさを有する請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】 上記重みベクトルシーケンスの重みベクトルは、複素数値の  $m$  次元ユニタリ変換行列の行から形成される請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 3】 上記重みベクトルシーケンスの重みベクトルは、実数値の  $m$  次元ユニタリ変換行列の行から形成される請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 4】 上記重みベクトルシーケンスの重みベクトルは、 $m$  次元の離散的フーリエ変換 (DFT) の基本ベクトルから形成される請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 5】 異なる重みベクトルのシーケンスの各重みベクトルは、所望の全セクターのサブセクター内に特定の所望の放射パターンを与えるように構成され、全てのサブセクターは、所望の全セクターをカバーし、各重みベクトル

は、その重みベクトルを用いて送信することから生じる特定サブセクター内の放射パターンの特定の所望放射パターンからの変化の表現を含む考えられる重みベクトルのコスト関数を最小にする請求項6に記載の方法。

【請求項26】 上記アンテナアレーは、実質的に均一に分散された素子を有し、1つのサブセクターに対する原型重みベクトルが構成され、そして重みベクトルシーケンスの他の重みベクトルは、サブセクターの角度シフトにより決定された量だけ原型重みベクトルを原型重みベクトルサブセクターからシフトすることにより得られる原型のシフトバージョンである請求項25に記載の方法。

【請求項27】 上記アンテナアレーは、実質的に均一に分散された素子を有し、1つのサブセクターに対する原型重みベクトルが構成され、そして重みベクトルシーケンスの他の重みベクトルは、サブセクターの角度シフトにより決定された量だけ原型重みベクトルを原型重みベクトルサブセクターからシフトすることにより得られる原型のシフトバージョンである請求項25に記載の方法。

【請求項28】 上記重みベクトルシーケンスは、通信ステーションの既知の加入者ユニットへ送信するように構成された重みベクトルを含み、この構成された重みベクトルは、通信ステーションの既知の加入者ユニットの送信空間符号から決定される請求項6に記載の方法。

【請求項29】 重みベクトルシーケンスに含まれた1組の代表的な重みベクトルは、既知の加入者ユニットの数より少数の重みベクトルを有する請求項27に記載の方法。

【請求項30】 上記代表的な重みベクトルは、既知の加入者ユニットへと送信するように構成された重みベクトルから決定され、加入者ユニットに対して構成された重みベクトルから代表的な重みベクトルを決定するときには、ベクトル量子化クラスター方法を使用する請求項29に記載の方法。

【請求項31】 上記クラスター方法は、

- (i) 初期組の重みベクトルを現在組の代表的な重みベクトルとして指定し、
- (ii) 加入者ユニットに対して構成された各重みベクトルを現在組内の最至近の代表的な重みベクトルと合成し、上記最至近は、ある連合基準に基づくものであり、

(iii) 現在組における各代表的な重みベクトルと、その代表的なベクトルに合成される全ての重みベクトルとの間の距離の平均尺度を決定し、

(iv) 現在組における各代表的な重みベクトルを、その代表的な重みベクトルに合成された全ての重みベクトルに対してコア重みベクトルに置き換え、

(v) 現在繰り返しにおける平均尺度とその手前の繰り返しにおける平均距離との間の差の大きさがスレッショールド未満になるまで上記段階(ii)、(iii)及び(iv)を繰り返し、

代表的な重みベクトルの組は、上記差の大きさがスレッショールド未満になったときに現在組となる請求項30に記載の方法。

【請求項32】 至近についての連合基準は、ユークリッド距離であり、そして上記コア重みベクトルは、その繰り返し中に現在組の代表的な重みベクトルの代表的重みベクトルと合成された全ての重みベクトルの幾何学的セントロイドである請求項31に記載の方法。

【請求項33】 上記平均尺度は、距離の平均平方である請求項31に記載の方法。

【請求項34】 至近について使用される連合基準は、最大コサイン角度であり、そして上記コア重みベクトルは、その繰り返し中に現在組の代表的な重みベクトルの代表的重みベクトルと合成された全ての重みベクトルに対して特異値分解を実行することにより得られる主たる特異ベクトルである請求項31に記載の方法。

【請求項35】 上記初期組の重みベクトルは、所望のセクター内において均一間隔の異なる角度に向けられた単位振幅重みベクトルである請求項31に記載の方法。

【請求項36】 1組の代表的な重みベクトルは、重みベクトルシーケンスの第1サブシーケンスを形成し、そして重みベクトルシーケンスは、重みベクトルの第2サブシーケンスを更に含む請求項27に記載の方法。

【請求項37】 上記第2サブシーケンスは、所望のセクターに特定の所望の放射パターンを与えるように構成された特定の重みベクトルを含み、この特定の重みベクトルは、その重みベクトルを用いて送信することから生じるセクター

内の放射パターンの特定の所望放射パターンからの変化の表現を含む考えられる重みベクトルのコスト関数を最小にする請求項 27 に記載の方法。

【請求項 38】 上記特定の所望放射パターンは、ほぼ全方向パターンである請求項 37 に記載の方法。

【請求項 39】 上記第 2 サブシーケンスは、1 組の直交する重みベクトルである請求項 37 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【クロスレファレンス】

本発明は、1997年12月10日に出願された「望ましい放射パターンを与えるためのアンテナアレーを有する通信ステーションからの無線送信 (DADIO TRANSMISSION FROM A COMMUNICATION STATION WITH AN ANTENA ARRAY TO PROVIDE A DESIRABLE RADIATION PATTERN)」と題する米国特許出願第08/988, 519号（以下、「親特許」と称する）の一部継続出願である。この親特許は、その全体を参考としてここに援用する。

【 0 0 0 2 】

【技術分野】

本発明は、ワイヤレス通信システムの分野に係り、より詳細には、ワイヤレス通信システムにおいて多素子送信アンテナアレーを使用する通信ステーションにより共通のダウンリンク通信チャネル信号を効率的にブロードキャストして、そのカバレッジエリア全体にわたりほぼ全方向パターンを達成することに係る。

【 0 0 0 3 】

【背景技術】

地理的エリアがセルに分割され、そして各セルが、そのセル内の加入者ユニット (SU) (リモートターミナル、移動ユニット、移動ステーション、加入者ステーション、又はリモートユーザとも称する) と通信するためのベースステーション (BS、BTS) を含むようなセルラーワイヤレス通信システムが知られている。このようなシステムでは、例えば、特定の加入者ユニットをページングしてそのSUへのコールを開始したり、又は例えば、ベースステーションといかに通信するかの制御情報や、ベースステーション識別、タイミング及び同期データを含む制御情報を全ての加入者ユニットへ送信するために、ベースステーションからセル内の加入者ユニットへ情報をブロードキャストすることが必要である。このようなページング及び制御情報は、共通の制御チャネルと称するものを経てブロードキャストされる。多くの場合に、ページング又は制御情報を受信する必要のあるリモートユーザの位置に関する以前の情報がなく、又はこのような



情報が多数のユーザに意図されるために、このような信号を全方向或いはほぼ全方向に送信することが好ましい。ここで、全方向とは、一般に、ベースステーションの放射電力パターンが、ベースステーションの規定のカバレッジエリア内で方位及び仰角と独立していることを意味する。本発明は、このような全方向送信を達成する方法及び装置に関する。

#### 【0004】

本発明を適用できるセルラーシステムの幾つかの例は、AMPS規格を使用するアナログシステム、アソシエーション・オブ・ラジオ・インダストリー・アンド・ビジネス (ARIB) 予備規格、RCR STD-28 (バージョン2)、1995年12月、により規定されたパーソナル・ハンディ・ホーン・システム (PHS) プロトコルの変形を使用するデジタルシステム、及び移動通信用のグローバルシステム (GSM) プロトコルを使用するデジタルシステムであり、このGSMプロトコルは、そのオリジナルバージョン、DCS-1800と称する1.8GHzバージョン、並びにPCS-1900と称する北アメリカの1.9GHzパーソナル通信システム (PCS) バージョンを含み、これら3つをここではGSMの「変形」と称する。PHS及びGSM規格は、一般的な2組の機能的チャンネル (論理的チャンネルとも称する)、即ち制御チャンネル (CCH) セット、及びトラフィックチャンネル (TCH) セットを規定する。TCHセットは、加入者ユニットとベースステーションとの間にユーザデータを送信するための両方向チャンネルを含む。CCHセットは、ブロードキャスト制御チャンネル (BCCH)、ページングチャンネル (PCH)、及びここでは取り上げない他の多数の制御チャンネルを含む。BCCHは、システム及びチャンネルの構造情報を含む制御情報をベースステーションから加入者ユニットへブロードキャストするための一方性ダウンリンクチャンネルであり、そしてPCHは、ベースステーションから選択された1組の加入者ユニット又は広いエリアの多数の加入者ユニット (ページングエリア) へ情報をブロードキャストする一方ダウンリンクチャンネルで、通常、特定のリモートステーションに入呼びを知らせるのに使用される。本発明は、全てのダウンリンクブロードキャスト及び送信に適用できる。特に、2人以上の加入者へ共通の情報を同時に送信する (即ちブロードキ

キャスト（回報）する）ためにベースステーションにより使用されるBCCH及びPCCHに適用することができる。又、RFエネルギーを全方向に或いは少なくともナルを伴わずに意図された領域のどこかに送信することが所望される他の状態にも適用できる。

#### 【0005】

高周波（RF）エネルギーを放射するのにアンテナアレーを使用することは、種々の無線規定において十分に確立されている。アンテナアレーを含むベースステーションからリモート受信器（加入者ユニット）へダウンリンクにおいて送信するために、SUに意図された信号は、アレーの各放射素子へ入力として供給することができ、これら放射素子は、利得及び位相ファクタが素子ごとに異なるだけであり、通常は、その設計により、加入者ユニットに収束する方向性放射パターンを生じさせる。この種の送信戦略の利点は、単一の放射素子を使用して可能である以上に利得を高めると共に、単一の放射素子による送信に比してシステム内の他の同一チャンネルユーザへの干渉を減少することである。このようなアンテナアレーを使用すると、空間分割多重アクセス（SDMA）技術も可能となり、この場合には、同じ「従来チャンネル」（即ち、周波数分割多重アクセス（FDMA）システムにおける同じ周波数チャンネル、時分割多重アクセス（TDMA）システムにおけるタイムスロット、コード分割多重アクセス（CDMA）システムにおけるコード、或いはTDMA/FDMAシステムにおけるタイムスロット及び周波数）を2つ以上の加入者ユニットに指定することができる。

送信されたダウンリンク信号は、加入者ユニットによって受信され、そして受信側の加入者ユニットにおける受信信号は、良く知られたように処理される。

#### 【0006】

信号がリモートユニットからベースステーションへ送信される（即ち、通信がアップリンクである）ときには、ベースステーションは、通常（必ずしもそうでない）、受信アンテナアレーを使用する（通常は、送信と同じアンテナアレーであるが、必ずしもそうでない）。受信アレーの各素子で受信されたベースステーション信号は、各々、受信重み（空間的デマルチプレクシング重みとも称する）により振幅及び位相が重み付けされ、このプロセスは、空間的デマルチプレクシ

ングと称され、全ての受信重みは、ベースステーションへ送信されるリモートユーザの受信空間的符号に依存する複素数値の受信重みベクトルを決定する。受信空間的符号は、干渉がない場合にベースステーションアレーが特定の加入者ユニットからの信号をいかに受信するか特徴付ける。ダウンリンク（ベースステーションユニットから加入者ユニットへの通信）において、各アレー素子で送信されるべき信号を1組の各送信重み（空間的マルチプレクシング重みとも称する）により振幅及び位相について重み付けすることにより送信が達成され、特定ユーザの全ての送信重みは、干渉がない場合にリモートユーザがベースステーションからの信号をいかに受信するか特徴付けるリモートユーザの「ダウンリンク空間的符号」又は「送信空間的符号」と称されるものに依存する複素数値の送信重みベクトルを決定する。同じ従来チャンネルを経て多数のリモートユーザへ送信するときには、重み付けされた信号の和がアンテナアレーにより送信される。本発明は、主としてダウンリンク通信に関するが、その技術は、加入者ユニットがアンテナアレーを使用して送信を行いそしてこのような加入者ユニットからの全方向送信が所望されるときに、アップリンク通信にも確実に適用できる。

#### 【0007】

アンテナアレーを使用するシステムでは、アンテナアレーの各アンテナ素子からのアップリンクにおいて又は各アンテナ素子へのダウンリンクにおいて信号を重み付けすることを、ここでは、空間的処理と称する。この空間的処理は、1つ以下の加入者ユニットが従来のチャンネルに指定されるときでも有用である。従って、SDMAという用語は、ここでは、従来のチャンネル当たり2人以上のユーザをもつ真の空間的マルチプレクシングの場合、及び従来のチャンネル当たり1人のユーザしか伴わずに空間的処理を使用する場合の両方を含むものとする。チャンネルという用語は、ベースステーションと1人のリモートユーザとの間の通信リンクを指し、従って、SDMAという用語は、従来のチャンネル当たり1つのチャンネルと、従来のチャンネル当たり2つ以上のチャンネルの両方をカバーするものとする。従来のチャンネル内における多数のチャンネルは、空間的チャンネルと称する。SDMAシステムの説明については、例えば、参考としてここに取り上げるロイ三世氏等を発明者とする「空間分割多重アクセスワイヤレス

通信システム(SPATIAL DIVISION MULTIPLE ACCESS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS)」と題する共通所有の米国特許第5,515,378号(1996年5月7日発行)及び第5,642,353号(1997年6月24日発行)、参考としてここに取り上げるバラット氏等を発明者とする「スペクトル効率の良い大容量のワイヤレス通信システム(SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS)」と題する共通所有の米国特許第5,592,490号(1997年1月7日発行)、参考としてここに取り上げるオターステン氏等を発明者とする「空間-時間処理を伴うスペクトル効率の良い大容量のワイヤレス通信システム(SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS WITH SPATIO-TEMPORAL PROCESSING)」と題する共通所有の米国特許出願第08/735,520号(1996年10月10日出願)、及び参考としてここに取り上げるバレット氏等を発明者とする「アンテナアレー及び空間的処理を用いて判断指示復調するための方法及び装置(METHOD AND APPARATUS FOR DECISION DIRECTED DEMODULATION USING ANTENNA ARRAYS AND SPATIAL PROCESSING)」と題する共通所有の米国特許出願第08/729,390号(1996年10月11日出願)を参照されたい。アンテナアレーを使用して通信効率を改善し及び/又はSDMAを与えるシステムは、スマートアンテナシステムとも称される。上記特許及び特許出願は、ここでは、その全体を「本出願人のスマートアンテナ特許」と称する。

#### 【0008】

ブロードキャスティング(同報)は、共通のチャンネルを経て分散した1組の加入者ユニットヘデータを同時に送信することを意味するので、多素子アンテナアレー及びそれに関連した送信ハードウェアを使用して、1人以上の特定のユーザに意図された共通のダウンリンクチャンネル情報及びトラフィック情報の両方をブロードキャスティングする方法を見出すことが望まれる。

#### 望ましい特徴

成功確率戦略は、次の特徴を有する。

- リモート受信器の有望な位置に関する以前の情報が与えられないときに、リモート受信器は、その時間周期中の任意の時間に他の位置のユーザとは

ほぼ同じレベルでその時間周期にわたり少なくとも一度は任意の方位に信号を受信する。これは、ここでは、「ほぼ全方向（NOR）」のブロードキャストイングと称する。

- アレー内の各素子の送信電力変化を少なくし、アレー内の全素子について良好な効果が得られるようにし、そして実際に生じるスケールリングの問題を最小にする。
- 時間周期内にアレー素子の個々の送信電力に匹敵する電力で送信する単一アレー素子で得られる利得に対してパターン利得を著しく大きくする。
- 全放射エネルギーを低くして、全ての素子を効率的に使用する。

#### 【0009】

「低い相対的放射電力」という特性は、ここでは、アンテナアレーの個々の素子と同じ利得（例えば、 $\text{dBi}$ で測定して）の単一アンテナ素子を使用して同等の最大放射レベル（距離、方位及び仰角が同等）を得るのに必要な電力に対し、ある時間周期にわたってアンテナ素子当たり低い放射電力を意味する。放射電力の差は異なる電力増幅要求に換算され、そして非常に高い電力の増幅器は比較的高価であるので、ある状況では、 $1\text{ dB}$ でも放射電力において著しい差となる。より一般的なケースでは、 $3\text{ dB}$ は、放射電力において著しい差と考えられる。

アンテナアレーを使用するセクター化されたシステムが知られている。このようなセクター化システムでは、真の全方向ブロードキャストイング（ $360^\circ$ の方位をカバーする）ではなく、アンテナアレー及びその関連電子装置の意図されたカバレッジ領域（即ちセクター）において効率的にブロードキャストイングすることが要望される。従って、本書では、「全方向」という用語は、次の意味をもつものとする。1）「全方向」は、おおよそ、ほぼ全方向（NOR）を意味する。2）非セクター化のセルラーシステムでは、全方向は、 $360^\circ$ の方位範囲に対してNORであることを意味する。そして3）セクター化システムでは、全方向は、意図されたセクター巾（例えば、 $120^\circ$ のセクターについては、 $120^\circ$ の方位範囲）においてほぼ全方向であることを意味する。

#### 【0010】

##### 従来技術

データをブロードキャスティングするための一般的な方法は、全方向アンテナを使用して、RF搬送波をほぼ均一に全ての方向に送信することである。この全方向放射パターンは、加入者ユニットをセルエリア内に任意に配置することのできる移動セルラーシステムでは適切な選択であると思われる。スマートアンテナシステムの場合には、個別の単一的全方向アンテナ（垂直ダイボールのような）を使用するか、又はアンテナアレー（ $m$ 個の素子を有すると仮定する）の1つの素子を使用することにより、このような全方向パターンを得ることができる。不都合なことに、これは、トラフィック及び制御チャンネルに対して同様の範囲を与えるために、全アンテナ素子が動作するときに通常のTCH通信に使用される電力レベルに比してそのアンテナ素子（又は個別のアンテナ）における全送信電力を増加する必要がある。電力を増加するという選択は、条例によって許可されないことがあり、もし許可されても、実際的な選択ではない。というのは、例えば、電力増幅器のコストが電力と共に急激に増加するからである。

#### 【0011】

1つのアレー素子のみから送信する公知の方法は、リモート受信器の位置を示す方位及び他の量並びに低い全放射エネルギーの関数としてはほぼ一定の利得という所望の基準を満足するが、アレーの全素子について良好な効果が得られ且つ実際に生じるスケールアップの問題を最小にするようにアレーの各素子の送信電力の変化を少なくするものではなく、そしてアレー素子の個々の送信電力に匹敵する電力で送信するアレーの単一素子で得られる利得に比して著しいパターン利得を与えるものでもない。加えて、1つのアンテナのみからの送信は、同じ従来チャンネルを経て多数のユーザと同時通信を行なうことができない。

#### 【0012】

或いは又、多数のビームを送信しそしてビーム成形の前に信号に前処理を施すという組合せによってアンテナアレーの放射パターンを制御することもできる。フォーセン氏等を発明者とする「アンテナパターンナリフィリングのための直交化方法(ORTHOGONALIZING METHOD FOR ANTENNA PATTERN NULLFILLING)」と題する米国特許第5,649,287号(1997年7月15日発行)は、アンテナアレーを伴う少なくとも1つのベースステーションと、複数の移動ステーションと

備えたセルラー通信システムにおいて情報を送信する方法を開示している。共通の情報が前処理され、直交信号が形成される。直交信号は、次いで、ビーム成形され、アレーアンテナの異なるビームに直交信号が供給される。直交信号が送信され、そして1つ以上の移動ステーションにおいて受信される。次いで、信号は移動ステーションにおいて処理され、直交信号から共通情報が暗号解読される。移動ステーションへ送信されるべき直交化信号は、アンテナパターンにナールが発生するのを防止するために形成される。

#### 【0013】

フォーセン氏等の方法は、制御信号を前処理（直交化）してm個の直交信号を形成し、これをビーム成形器へ供給することを必要とする。即ち、ブロードキャストされるべき信号は、先ず1組の非相関信号に変換され、次いで、これら信号の各々が異なるビームにおいて送信される。これは、余計なハードウェア又は処理段階を必要とする。加えて、フォーセン氏等により記述された特定の実施形態は、直交化された信号を他の種々のロープから分析するために高性能のイコライザを加えユニットに必要とする。付加的な段階（例えば直交化）を必要とせず、送信されるべき信号をその位相及び振幅のみについて重み付けするシステムを使用することが要望される。

従って、この技術分野では、アンテナアレーの既存のアンテナ素子を含む既存の通信システム装置を用いて、低い相対的放射電力で受け入れられる全方向性能を達成するような全方向ダウンリンク送信方法が要望される。又、これを達成する装置も要望される。

#### 【0014】

##### 【発明の開示】

本発明の1つの目的は、アンテナ素子のアレーを含む通信ステーションで実施されて、低い相対的放射電力で受け入れられる全方向性能を達成するダウンリンク送信方法を提供することであり、全方向とは、通信ステーションの範囲内いづれの方位に位置するリモートユーザも、ある時間周期にわたってメッセージを受信できるという意味である。別の目的は、この方法を実施する装置を提供することである。

これら及び他の目的は、ここに開示する本発明の種々の特徴において達成される。

#### 【0015】

ここに開示する本発明の1つの特徴は、所望の放射パターンをもつダウンリンク信号を、アンテナ素子のアレーを有する通信ステーションから加入者ユニットへ送信するための方法にある。通信ステーションには、ダウンリンク信号を位相及び振幅について重み付けするようにプログラムされた（プログラマブル信号プロセッサの場合）1つ以上の信号プロセッサがあり、重み付けは、複素数値の重みベクトルとして表すことができる。重み付けされた信号は、送信装置の入力に供給され、その出力は、アンテナ素子に接続される。この方法は、ダウンリンク信号の送信を何回も繰り返すことを含み、各送信は、（a）1組の信号処理手順から信号処理手順を適用して、処理されたダウンリンクアンテナ信号を形成し、この処理手順は、ダウンリンク信号を重みベクトルに基づき位相及び振幅について重み付けすることを含み、そして（b）各処理されたダウンリンクアンテナ信号を、意図されたアンテナ素子の関連送信装置を経て意図されたアンテナ素子へ通過させることにより、ダウンリンク信号を送信することを含む。上記1組の処理手順は、少なくとも1つの繰り返し中に所望のセクター内の任意の位置が所望の放射レベルを達成するように構成される。通常、所望のセクターは、ある範囲の方位であり、例えば、アレーのセクターの全方位範囲であり、そして所望の放射レベルは、非ナルレベルである。非ナルレベルとは、受信を行うことのできる著しいエネルギーレベルを意味する。即ち、任意の位置の各ユーザは、時間周期中に全ての繰り返しについて送信される。通常、信号処理手順の各々及びそのシーケンシングは、1つの信号プロセッサにおいてプログラムを実行することにより行われる。

#### 【0016】

この方法の1つの実施形態では、各組の信号処理手順は、異なる重みベクトルのシーケンスの1つで重み付けすることを含む。この方法は、重みベクトルシーケンスにおける各重みベクトルに対して次の段階を実行することを含み、即ちシーケンスから次の重みベクトルを選択し、その選択された重みベクトルに基づい



でダウンリンク信号を位相及び振幅について重み付けして、1組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成し、そして各重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を、意図されたアンテナ素子の関連送信装置を経て意図されたアンテナ素子へ通過させることにより、ダウンリンク信号を送信することを含む。このシーケンスは、重みベクトルシーケンスを使用する逐次送信の少なくとも1つの間に所望のセクターにおける任意の位置に所望の放射レベルを達成するよう構成される。通常、所望のセクターは、全方位範囲であり、そして所望の放射レベルは、著しい（即ち非ナルの）レベルである。即ち、各ユーザは、シーケンスの全重みベクトルを用いて逐次送信するのに必要な時間周期中に送信される。通常、1つの信号プロセッサにおいてプログラムを実行することによりシーケンシングロジックが実行される。1つの実施形態では、シーケンスの重みがメモリに予め記憶され、そして別の実施形態では、おそらくメモリに記憶された1つ以上の原型重みからオンザフライで重みが計算される。

#### 【0017】

ここに示す特定の実施形態では、通信ステーションは、セルラーシステムにおいてPHSエアインターフェイスプロトコルを用いて動作する。このシステムの1つの変形は、低移動度の用途に対するものであり、そして別の変形は、ワイヤレスローカルループ（WLL）システムに対するものである。しかしながら、本発明は、特定のマルチプレクス機構又はエアインターフェイス規格に限定されるものではない。他の実施形態は、アナログ又はデジタルのマルチプレクス機構（例えば、FDMA、TDMA/FDMA、CDMA等）及び/又は任意のエアインターフェイス規格（例えば、AMPS、GSM、PHS等）を使用することができる。

#### 【0018】

ここに開示する1つの実施形態では、重みベクトルのシーケンスのエLEMENTは、全て、同じ振幅とランダムな位相を有する。1つの実施例では、ランダムな位相は、送信装置に含まれるランダム化手段（例えば、ランダム位相発生器）によってオンザフライで達成される。別の実施例では、シーケンスが予め構成されそしてメモリに予め記憶される。

別の実施形態では、シーケンスは、直交する重みベクトルで構成される。直交する重みベクトルは、同じ大きさのエレメントを有するのが好ましい（必ずしもそうでなくてもよい）。ここでは、使用することのできる直交シーケンスの3つの例、即ち複素数値のウォルシュアダマールマトリクスの行（又は列も同等）をエレメントとするシーケンス、実数値のアダマールマトリクスの行（又は列も同等）をエレメントとするシーケンス、及び離散フーリエ変換（DFT又はFFT）の基本ベクトルをエレメントとするシーケンスについて説明する。

#### 【0019】

更に別の実施形態では、シーケンスは、全所望セクター（通常は全方位範囲）のサブセクター内に所望の放射パターン（例えば、ほぼ全方向（NOR）パターン）を与えるように各々構成された重みベクトルより成り、全てのサブセクターで全所望セクターをカバーし、従って、シーケンス内の各重みで逐次ブロードキャストすると、全所望範囲がカバーされる。シーケンスの重みベクトルは、「親特許」（米国特許出願第08/988,519号）に開示された方法を用いて構成される。1つの実施形態では、例えば、シーケンスの重みベクトルは、各々、その重みベクトルを用いて送信することから生じる特定サブセクター内の放射パターンの所望放射パターンからの変化の表現を含む考えられる重みベクトルのコスト関数を最小にする重みベクトルである。実質的に均一に分散された素子を有するアンテナアレイに適用できる特定のバージョンでは、1つのサブセクターに対する原型重みベクトルが構成され、そしてシーケンスの他の重みベクトルは、サブセクターの角度シフトで決定された量だけ原型重みベクトルを原型重みベクトルサブセクターからシフトすることにより得られた原型の「シフト」バージョンである。詳細については、上記「親特許」を参照されたい。

#### 【0020】

本発明の別の特徴においては、重みベクトルのシーケンスは、通信ステーションに対し既知の加入者ユニットへ送信するように構成された重みベクトルを代表する重みベクトルを含む。通常、既知の加入者ユニットへ送信するように構成された重みベクトルは、既知の加入者ユニットの送信空間符号から決定される。1つの実施形態では、代表的な重みベクトルは、既知の加入者ユニットへ送信する

ように構成された重みベクトルである。別の実施形態では、代表的な重みベクトルは、既知の加入者ユニットへ送信するように構成された重みベクトルより数が少なく、そしてベクトル量子化クラスター方法を用いて加入者ユニットの重みベクトルから決定される。多数のクラスター方法が知られており、本発明のこの部分についてはいずれの方法を使用してもよい。好ましい実施形態では、クラスター方法は、1組の重みベクトル（例えば、既知の加入者ユニットへ送信するように構成された重みベクトル）でスタートし、そして1組の重みベクトルを代表する小さな1組の重みベクトルを繰り返し決定する。まず、初期組の代表的な重みベクトルが指定される。各繰り返しの間に、各重みベクトルは、その最至近の重みベクトルと結合され、上記最至近は、ある連合基準に基づく。各代表的な重みベクトルと、その代表的な重みベクトルに結合される全重みベクトルとの間の距離の平均尺度が決定される。平均尺度は、距離の平均平方であるのが好ましい。現在繰り返しにおけるこの平均尺度とその手前の繰り返しにおけるこの平均距離との間の差の大きさがあるスレッショールド未満になるまで、各代表的な重みベクトルは、その繰り返し中にその代表的な重みベクトルに結合された全重みベクトルに対してコア重みベクトルに置き換えられ、そして結合及びスレッショールドチェック段階が繰り返される。コア重みベクトルは、その繰り返し中に代表的な重みベクトルと結合された全ての重みベクトルの幾何学的セントロイドであるのが好ましい。各代表的な重みベクトルと、その代表的な重みベクトルに結合される全重みベクトルとの間の平均尺度があるスレッショールド未満であるときに、これを達成する代表的な重みベクトルは、ダウンリンク信号を逐次送信するための代表的な重みベクトルとして使用される最終的な代表的な重みベクトルとなる。

#### 【0021】

このクラスター方法の1つの実施形態では、至近性について使用される連合基準は、最至近のユークリッド距離であり、そしてコア重みベクトルは、その繰り返し中に代表的な重みベクトルと結合された全ての重みベクトルの幾何学的セントロイドである。別の実施形態では、至近性について使用される連合基準は、最大コサイン角度であり、この場合に、各代表的な重みベクトルに置き換えられる

コア重みベクトルは、その繰り返し中に代表的な重みベクトルと結合された全ての重みベクトルに対して特異値分解を実行することにより得られた主たる特異値ベクトルである。更に、クラスター方法の1つの実施形態では、所期の代表的な重みベクトルは、当該角度領域（好ましくは $360^\circ$ の方位）において均一離間された異なる角度に向けられる単位振幅重みベクトルである。他の初期値を使用することもできる。例えば、代表的な重みベクトルの数がアンテナ素子の数に等しい場合に適用できる別の実施形態では、ウォルシュアダマール直交重みを代表的な重みベクトルの初期組として使用することができる。或いは又、DFT直交重みを代表的な重みベクトルの初期組として使用することもできる。

#### 【0022】

別の改良された実施形態では、重みベクトルのシーケンスが2つのサブシーケンスを含み、第1のサブシーケンスは、既存の加入者ユニットに対する送信重みベクトルの代表である重みベクトルを含み、そして第2のサブシーケンスは、ほぼ全方向ブロードキャスト用構成された重みベクトルを含む。ほぼ全方向ブロードキャスト用構成された重みベクトルは、上記親特許の方法の実施に基づいて設計されてもよい。或いは又、第2のサブシーケンスは、1組の直交する重みベクトルでもよい。

#### 【0023】

##### 【発明を実施するための最良の形態】

本発明は、添付図面を参照した好ましい実施形態の詳細な説明から完全に理解されよう。しかし、これは、本発明を例示するものであって、本発明を何らこれに限定するものではない。以下、添付図面を参照して、本発明を説明する。

本発明は、SDMAを伴うワイヤレス通信システム、特に、セルラーSDMAシステムのベースステーション部分において実施されるのが好ましい。1つの実施形態では、このシステムは、移動度の低い用途に適したPHS通信プロトコルを使用して動作する。加入者ユニットは移動可能である。参考としてここに取り上げる上記の共通所有の米国特許出願第08/729,390号は、このようなシステムのベースステーションのハードウェアを詳細に示しており、ベースステーションは、4つのアンテナ素子を有するのが好ましい。第2の実施形態では、

加入者ユニットは、固定位置を有する。この場合も、PHS通信プロトコルが使用される。固定位置のワイヤレスシステムは、ワイヤレスローカルループ(WLL)システムと称される。本発明の幾つかの特徴が組み込まれるWLLベースステーションは、参考としてここに取り上げるエン氏を発明者とする「スマートアンテナ通信システム用の信号クオリティ推定を伴う電力制御(POWER CONTROL WITH SIGNAL QUALITY ESTIMATION FOR SMART ANTENNA COMMUNICATION SYSTEMS)」と題する共通所有の米国特許出願第09/x x x, x x x号(1998年2月6日出願)に開示されている。このようなWLLベースステーションは、多数のアンテナ素子を有し、ここに述べるシミュレーションの多くは、12アンテナのアレを仮定する。本発明は、従来チャンネル当たり1つ又は2つ以上の空間チャンネルを有し、且つ移動又は固定、或いは移動及び固定の組合せの加入者ユニットを有するいかなるSDMAシステムにおいても実施できることが当業者に明らかであろう。このようなシステムは、アナログでもデジタルでもよく、そして周波数分割多重アクセス(FDMA)、コード分割多重アクセス(CDMA)、又は時分割多重アクセス(TDMA)技術を使用することができ、後者は、通常、FDMAと組合わされる(TDMA/FDMA)。

#### 【0024】

図1は、本発明を実施できるベースステーション(BS)の送信処理部分及び送信RF部分を示している。デジタルダウンリンク信号103は、ベースステーションによってブロードキャストされるものであり、そして通常、ベースステーションにおいて発生される。信号103は、このダウンリンク信号103を処理する信号プロセッサ105によって処理され、この処理は、ダウンリンク信号103をその位相及び振幅について重み付けして、1組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成する空間的処理を含み、この重み付けは、複素数値の重みベクトルにより表すことができる。信号プロセッサ105は、1つ以上のデジタル信号プロセッサ装置(DSP)、又は1つ以上の汎用マイクロプロセッサ(MPS)、或いは1つ以上のMPS及び1つ以上のDSPの両方の形態のプログラマブルプロセッサを、全ての必要なメモリ及び動作すべきロジックと共に含むことができる。その詳細については、上記の共通所有の米国特許出願第08/7

29, 390号及び第09/x x x, x x x号を参照されたい。好ましい実施形態では、空間的处理(空間的マルチプレクシング)及び本発明の方法は、信号プロセッサ105においてプログラミング命令の形態で実施され、これらのプログラミング命令は、メモリにロードされそしてDSP又はMPS(1つ又は複数)において実行されたときに、図1の装置がこれら方法を実行するようにさせる。従って、信号プロセッサ105は、ベースステーションの送信アンテナアレーにおけるアンテナ素子と同じ数の出力を有し、この数はここではmで表す。これらの出力は、図1に106, 1, 106, 2, ... 106, mで示されている。好ましい実施形態では、同じアンテナアレーを使用して送信及び受信を行い、送信/受信スイッチで時間ドメインデュープレックス(TDD)を行う。本発明は、主として、送信に関連したものであるから、図1にはデュープレックス機能が示されていない。従って、図1は、送信しか行わないベースステーション、送信及び受信に対して異なるアンテナをもつベースステーション、及び同じ送信及び受信アンテナで周波数ドメインデュープレックス(FDD)を使用するベースステーションにも適用される。信号プロセッサ105のm個の出力は、通常(基本帯域において必ずしもそうでないが)、必要なRF周波数にアップ変換され、次いで、RF増幅されて、m個のアンテナ素子109, 1, 109, 2, ... 109, mの各々に供給される。本発明が実施されるWLL及び移動システムでは、アップ変換のあるものがデジタルで行なわれ、そして他のものがアナログで行なわれる。アップ変換及びRF増幅は、良く知られたものであるから、図1には、それら両方がRFユニット107, 1, 107, 2, ... 107, mとして結合されて示されている。

#### 【0025】

##### 方法の一般的な説明

本発明の方法及び装置の一般的な特徴は、ダウンリンク信号を何回も、例えばn回、送信し、そのたびに異なる信号処理を行うことであり、信号処理は、送信重みベクトルで重み付けすることを含み、そしてn個の異なる全信号処理手順で送信するために、時間の経過と共に、所望セクター内の任意の位置が少なくとも1つの送信中に所望の放射レベルを達成するように選択される。通常、所望のセ

クターは、ある方位範囲、例えば、アレーのセクターの全方位範囲であり、そして所望の放射レベルは、著しいものである（即ち、非ナルレベル）。他の情報が与えられないと、所望セクター内の任意の方位にいるリモートユーザは、 $n$  個の異なる全信号処理手順で送信するために時間の経過と共に送信器から同じ距離にあるときに同じ最大放射レベルを見るのが好ましい。通常、所望のセクターは、非セクター化システムでは  $360^\circ$  であり、そしてセクター化システムでは、アンテナアレーのセクターである。

#### 【0026】

本発明の方法の1つの実施形態では、信号処理の  $n$  個のインスタンス各々は、 $n$  個の送信重みベクトルのシーケンスの対応する重みベクトルで重み付けすることを含む。従って、この実施形態では、ダウンリンク信号は、何回も、例えば、 $n$  回、そしてそのたびに  $n$  個の重みベクトルのシーケンスからの異なる重みベクトルで送信され、そして  $n$  個の重みベクトルは、 $n$  個の全重みベクトルで送信するために、時間の経過と共に、所望セクター（例えば、アレーのセクター）内の任意の位置が少なくとも1つの送信中に所望の放射レベルを達成するように選択される。通常、所望のセクターは、ある方位範囲、例えば、アレーのセクターの全方位範囲であり、そして所望の放射レベルは、著しいレベル（即ち、非ナルレベル）である。他の情報が与えられないと、所望セクター内の任意の方位にいるリモートユーザは、 $n$  個の全重みベクトルで送信するために時間経過と共に送信器から同じ距離にあるときに同じ最大放射レベルを見るのが好ましい。通常、所望のセクターは、非セクター化システムでは  $360^\circ$  であり、そしてセクター化システムでは、アンテナアレーのセクターである。異なる重みベクトルは、各繰り返しにおいて有効に使用されるが、このような相違は、例えば、異なる重みベクトルを選択するか、又は重みベクトルを変更する付加的な手段と共に単一の重みベクトルを使用して異なる有効な重みベクトルを発生することによって得られる。

#### 【0027】

別の実施形態では、信号処理手順は、例えば、基本帯域におけるアナログ又はデジタルフィルタリング、或いはRFドメインにおけるアナログフィルタリング

を使用して、空間的処理の後に後処理を行うことを含み、空間的処理は、通常、各繰り返しのたびに本質的に同じ送信重みベクトルを使用するが、必ずしもそうでなくてもよい。ダウンリンク信号を送信する  $n$  個の各インスタンスにおいて、ダウンリンク信号は、各アンテナ素子ごとに1つずつ、複数の信号へと空間的に処理される。各アンテナ信号は、異なるやり方で後処理される。各アンテナ信号は、通常、1つ以上の中間周波（IF）増幅段でRFへとアップ変換され、そして処理は、このようなアップ変換の前にはデジタル又はアナログ手段を使用して行なわれ、又はデジタルのアップ変換の後には（デジタルのアップ変換が行われるとき）デジタル又はアナログ手段を使用して行なわれ、或いはアナログのアップ変換の後にはアナログ手段を使用して行なわれる。アナログ実施においては、 $m$  個のアンテナ信号の各々、及び  $m$  個のアンテナ素子 109. 1、109. 2、 $\dots$  109.  $m$  に信号供給するRFユニット 107. 1、107. 2、 $\dots$  107.  $m$  における  $n$  個のインスタンスの各々に、異なるアナログフィルタリングが導入される。これは、例えば、 $m$  個のアンテナ信号の各々、及び  $n$  個のインスタンスの各々に異なる量の時間遅延を導入することにより実行されてもよい。図2は、後処理手段 203. 1、203. 2、 $\dots$  203.  $m$  を示し、これらは、例えば、 $m$  個の異なる時間遅延を各々発生する時間遅延装置である。各RFユニットごとに、後処理手段は、その入力に見られる。しかしながら、当業者に明らかなように、後処理は、RFユニット内で行なわれてもよく、そして基本帯域だけではない。このような時間遅延が導入されるときには、当業者に明らかなように、受信側の加入者ユニットに適当なイコライザが必要となる。又、後処理は、例えば、 $m$  個のアンテナ信号の各々、及び  $n$  個のインスタンスの各々に異なる量の周波数オフセットを導入することにより行うこともできる。図2は、後処理手段 203. 1、203. 2、 $\dots$  203.  $m$  を示し、この場合、その各々は、 $m$  個の異なる周波数オフセットを発生する周波数オフセット装置である。 $m$  個のアンテナ信号の各々に導入するための異なる周波数オフセット又は異なる時間遅延の量は、加入者ユニットの復調器に問題を生じさせるほどではなく、 $m$  個のアンテナ信号を直交化するに充分なものである。特定の周波数オフセットを導入する後処理実施形態は、RF送信装置にプログラマブルアップコンバータ/フィルタを



使用するシステムに使用することができる。このような装置は、グレイチップ・インク（カリフォルニア州、パロ・アルト）のGC4114クオッドデジタルアップコンバータ／フィルタ装置であり、これは、本出願人の「電力制御特許」（上記の米国特許出願第09/x x x, x x x号）に開示されたWLLシステムのベースステーションにおけるRFシステム107、1、107、2、・・・107、mを実施する際に使用される。このGC4114は、信号に周波数オフセットを導入するのに使用される位相オフセット（及び利得）レジスタを有する。

#### 【0028】

周波数オフセットの後処理方法は、各繰り返し送受信時間中に位相が変化する送信重みベクトルと共に送信を行うものと考えられることを述べておく。例えば、好ましい実施形態に使用されるようなデジタル変調では、僅かな周波数オフセットを導入すると、コンステレーションスペースのゆっくりした回転が有効に生じる。コンステレーションスペースは、複素数値（同相成分I及び直角位相成分Q）の基本帯域信号によりスイープされる複素数コンステレーションである。従って、周波数オフセットの後処理実施形態を使用すると、ダウンリンク信号バーストの異なる記号が異なる放射パターンと共に送信される。従って、各繰り返し中にパターンのある平均化が行われ、そしてより少数の繰り返しを使用することができるようになる。

#### 【0029】

逐次送信用に1組の直交化処理されたダウンリンク信号を発生するように後処理を導入する別のやり方は、1つの重みベクトルのみを使用すると共に、位相をランダム化する手段を各々含むRFシステム107、1、107、2、・・・107、mを使用することである。従って、各送信中のm個の位相は、互いにランダムである。図2は、後処理手段203、1、203、2、・・・203、mを示し、この場合、その各々は、RFシステム107、1、107、2、・・・107、mに含まれる位相ランダム化手段である。各RFユニットごとに、位相ランダム化手段がその入力に見られる。しかしながら、当業者に明らかなように、ランダム化手段は、RFユニット内にあってもよく、そして基本帯域だけではない。1つの実施形態では、ランダム化手段203は、逐次アドレスするサイン及びコサイン

インルックアップテーブルをランダムな初期インデックスと共に含む。プログラムアップコンバータ／フィルタをRF送信装置に使用するシステムでは、別の実施も使用できる。例えば、位相オフセット（及び利得）レジスタを有するグレイチップ・インクのGC4114を使用する上記実施形態では、これらを使用して、信号の位相（及び振幅）を変更することができる。これらの変更は、デジタルIFにおいて生じる。

#### 【0030】

本発明を実施する第1の例示的装置は、一連のn個の重みベクトルを通してシーケンシングするためのシーケンスロジックを備えている。好ましい実施形態では、このシーケンスロジックは、信号プロセッサ105（1つ以上のDSP装置より成る）における1組のプログラミング命令である。又、このシーケンス手段は、1つの実施形態では、重みベクトルのシーケンスを記憶するための記憶装置を備え、そして別の実施形態では、重みベクトルシーケンスの重みベクトルをオンザフライで発生するための発生手段と、この発生手段を用いて上記シーケンスを発生するところの1つ以上の原型重みベクトルを記憶するための記憶装置とを備えている。DSP装置及び／又はマイクロプロセッサを使用してこのようなシーケンスロジックをいかに実施するかは、当業者に明らかであろう。

#### 【0031】

本発明を実施する第2の例示的装置は、1組のn個の処理手順を通してシーケンシングするためのシーケンスロジックを含む。好ましい実施形態では、このシーケンスロジック及び信号処理手順は、各々、信号プロセッサ105（1つ以上のDSP装置より成る）における1組のプログラミング命令である。信号処理手順は、空間的に処理されたダウンリンク信号を1組の直交処理されたダウンリンク信号の1つへと処理するための上記後処理手順のいずれかの組と、適当な空間的処理とである。DSP装置及び／又はマイクロプロセッサを使用してこのようなシーケンスロジック及び信号処理をいかに実施するかは、当業者に明らかであろう。

#### 【0032】

好ましい実施形態に使用されるPHSプロトコルは、制御チャンネルインター

バル（フレームにおける制御バースト間の時間長さ）を定義することができる。例えば、多くのPHSシステムでは、制御バーストが各20フレームごとに送信される。標準的PHSでは1つのフレームが5msであるから、これは、100msごとにBCHが送信されることを意味する。好ましい実施形態によるWLLシステムに使用されるPHSでは、制御バーストが各5フレーム（25ms）ごとに送信される。それ故、シーケンスが12の重みを有する場合には、完全なシーケンスが各300msごとに繰り返される。

#### 【0033】

##### ランダム位相重み

重みベクトルのシーケンスを使用する第1の実施形態では、1組の重みベクトルは、位相がランダムに変化する同じ振幅を有するエレメントの重みより成る。これを実施する方法は多数考えられる。

このようなランダム位相を得る1つの方法は、位相はランダムであるが振幅が等しいエレメントを有する1組の重みベクトルを予め選択して予め記憶し、そしてこの1組の重みベクトルを通してシーケンシングすることである。

#### 【0034】

ランダム位相を得る第2の方法は、1つの原型重みベクトルを有し、そして位相をランダム化するようにオンザフライで変更された同じ重みベクトルで送信を繰り返すことである。数学的には、エレメント $w_1, \dots, w_m$ を伴う $w$ でこの原型送信重みベクトルを表すと、この方法は、エレメント $w_1 \exp(j\phi_1), \dots, w_m \exp(j\phi_m)$ の重みベクトルでダウンリンク信号を繰り返し送信することを含み、ここで、各繰り返しにおいて、 $\phi_1, \dots, \phi_m$ は、ランダムに変化する。即ち、量 $\phi_1, \dots, \phi_m$ の各々は、0と $2\pi$ との間で均一に分布されたランダムな量である。

#### 【0035】

ランダム位相の戦略で実験が行なわれ、固定ユーザによって受信される信号の統計値がほぼレイリー分布をたどることが観察された。例えば、単一アンテナで送信するベースステーションからの信号を受信する移動ユーザは、このような分布を見る。それ故、標準的な通信プロトコル及びエアインターフェイス規格は、

レイリー分布をもつ信号を特に許容する。

#### 【0036】

##### 直交重み

第2の実施形態は、重みベクトルのシーケンスとして1組の直交する重みベクトルを使用する。好ましい実施形態では、シーケンシングすべき直交ベクトルの数は、アンテナアレイ109におけるアンテナ素子の数である $m$ に等しい。 $i = 1, \dots, m$ とすれば、シーケンスにおける $i$ 番目の（複素数値の）送信重みベクトルを $w_i$ で表す。即ち、 $i$ 番目の重みベクトルで送信する時間中に、ブロードキャストされるべき変調された信号は、重みベクトル $w_i$ の対応する複素数値エレメントの値に基づいて各アンテナ素子に対し振幅及び位相が重み付けされる（基本帯域において）。ブロードキャストされるべきダウンリンク信号を $s(t)$ で表わす。但し、 $t$ は時間である（当業者に明らかなように、デジタルシステムでは整数インデックス、又はアナログシステムでは時間）。特定の送信システムに対する必要な送信変調を $f_n$ で表す。好ましい実施形態で使用するPHS規格の場合に、 $f_n$ は、逆動四分位相キー変調(DQPSK)である。従って、 $w_i = [w_{i1}, \dots, w_{im}]$ で表すと、 $i$ 番目の重みをもつ $j$ 番目のアンテナ素子（全部で $m$ 個のアンテナアレイ素子の）により送信されるべき信号 $y_{ij}(t)$ （例えば、基本帯域における）は、数学的に次のように表すことができる。

$$y_{ij}(t) = w_{ij} * f_n(s(t))$$

但し、 $*$ は、複素共役を表す。

#### 【0037】

シーケンスの $m$ 個の全重みベクトルを特定する便利な方法は、 $w_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) の各々を積み重ねて、 $W$ で表される $m \times m$ マトリクスを形成することである。

#### 【数1】

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{bmatrix}$$

Wを特定すると、全シーケンスが特定される。Wは、ここでは、基本マトリクスとも称される。

好ましい実施形態では、全てのアンテナ素子を使用することが望まれるので、シーケンスにおける各重みベクトルの各（複素数値）エレメントは、同じ大きさをもつように強制される。即ち、全てのアンテナは、常に（ブロードキャストイング中に）同じ電力で送信する。数学的には、これは、全てのi及び全てのjに対して $|w_{ij}| = 1$ で表すことができる。実際の大きさは、ベースステーションの電力制御部により決定される。例えば、本出願人の「電力制御特許」（上記の米国特許出願第09/x x x, x x x号）を参照されたい。

#### 【0038】

##### ウォルシュアダマール係数

1つの実施形態において、重みベクトルは、Wの行（又は列）である。但し、Wは、一般化された（即ち、複素数値の）ウォルシュアダマールマトリクスである。次のMATLABコンピュータコード（マサチューセッツ州、ナティックのマズワーク・インク）は、m=2、4及び8の場合にウォルシュアダマールマトリクスを発生する。

```
%
% generating an orthogonal set of weight using a complex
% version of the Walsh-Hadamard matrix.
% the weight vectors can either be the row or column vectors
% of the base matrix W.
m=4 ;      % m is the number of antennas
pos=[1+sqrt(-1)  1-sqrt(-1)]/sqrt(2);
neg=[-1-sqrt(-1)  1-sqrt(-1)]/sqrt(2);
```

```

a 2=[p o s ;   n e g];
a 4=[a 2   a 2 ;   a 2   -a 2];
a 8=[a 4   a 4 ;   a 4   -a 4];
if (m == 2)
    basis = a 2
else if (m == 4)
    basis = a 4
else if (m == 8)
    basis = a 8
end;

```

【0 0 3 9】

別の実施形態では、重みベクトルは、 $m$ 次元マトリクス $W$ の行（又は列）であり、但し、 $W$ は+1及び-1係数値を伴う実数値アダマールマトリクスである。

#### DF T係数

別の実施形態において、重みベクトルは、 $m$ ポイント離散的フーリエ変換（D F T）及びその高速実施形態、即ち高速フーリエ変換（F F T）の基本ベクトルである。これらは、 $W$ の行（又は列）であり、但し、 $j^2 = -1$ である。

【数2】

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{j2\pi/m} & \dots & e^{j2\pi(m-1)/m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & e^{j2\pi(m-1)/m} & \dots & e^{j2\pi(m-1)^2/m} \end{bmatrix}$$

#### 所望のパターンを伴う重みをベースとする方法

上記「親特許」は、全体的な放射パターン、アンテナ素子間の電力分布等に関して重みベクトルの所望の特徴を定める（重みベクトルの）コスト関数の定義について開示している。同様に、別の実施形態では、送信アンテナアレーの種々の素子間の電力についての所望の全体的パターン及び所望の変化を達成するために重みベクトルシーケンスのコスト関数が定義される。

#### 【0040】

この1つの特徴は、設計問題を重みベクトルの多数の設計に分割することであり、重みベクトルは、重みベクトルのシーケンスを形成する。各重みベクトルは、サブセクターにわたり所望の放射パターンを有するように設計され（例えば、「親特許」に開示された方法を用いて）、全てのサブセクターの結合が所望のカバレッジ領域を定め、そして全てのサブセクターの重畳がカバレッジ領域にわたる全体的な所望のパターンを定める。シーケンシングが特定の順序であるときには、これは、サブセクターで領域を「スイープ」することと同等であるが、スイープを模擬する特定の順序でシーケンシングする必要はない。ほぼ均一なアンテナアレイが使用されるときには、単一のセクター（例えば、巾 $\Delta\theta$ ）にわたりほぼ全方向パターンを達成するための単一の「原型」重みベクトルが設計され、この重みベクトルは、 $\Delta\theta$ 、全所望領域のサイズ及びシーケンスにおける重みベクトルの数により定義された量だけ「シフト」される。例えば、 $m$ 個の逐次送信で $180^\circ$ をカバーするほぼ均一な直線アレイでは、シフトが $180^\circ/m$ であり、そして $\Delta\theta$ が $180^\circ/m$ より若干大きいのが好ましい。

#### 【0041】

別の特徴は、最小にされるべきコスト関数により定められる所望の特性を直接的に達成する重みベクトルシーケンスのより一般的な設計である。個のようなコスト関数をいかに設計するかは、本明細書及び「親特許」の説明から当業者に明らかとなろう。

##### リモートユーザの知識をベースとする方法

WLLシステムでは、加入者ユニットの位置は固定であり、ベースステーションに知られている（送信空間符号の形態で）。1つのブロードキャスト戦略は、考えられる他の基準で加入者の既知の送信空間符号から決定された重みベクトルを使用することにより各加入者へブロードキャストメッセージを逐次送信することをベースとする。加入者の空間符号のみによって決定された送信重みベクトルを使用すると、そのユーザに最大電力が供給されるよう確保される。追加すべき付加的な基準は、他のユーザへのエネルギーを最小にすることである。

#### 【0042】

非常に多数のSUを伴うローカル加入者ループの場合には、全てのSUへ逐次送信すると、各ブロードキャストメッセージごとに非常に長い時間を必要とする。必要な時間長さは、シーケンシングすることのできる1組のセクター化された放射パターン（上記説明を参照）を与えることにより減少することができ、この場合に、各セクター化された放射パターンは、2人以上の加入者をカバーすることができる。別の選択肢は、各SUごとに1組の重みベクトルを充分に「表す」小さな1組のブロードキャスト送信重みベクトルを決定することである。その一例は、ベクトル量子化（VQ）である。VQの紹介については、グレイ R. M. 著の「ベクトル量子化 (Vector Quantization)」、IEEE ASSP マガジン、第1巻、第2号、1984年4月（ISSN-0740-7467）を参照されたい。VQ方法は、映像圧縮、スピーチコード化及び音声認識のための音声特徴ベクトルの直線的首选コード化等の他の技術的分野に適用されている。

#### 【0043】

p 人のリモートユーザが存在し、 $k = 1, \dots, p$  とすれば、k 番目のユーザが送信空間符号  $a_{tk}$  を有するものとする。又、k 番目のユーザに「向けられた」重みベクトルを  $w_k$  とする。即ち、 $\alpha_{ki}$  が正の振幅であり、そして  $\phi_{ki}$  が角度であるとして、空間符号を次の式で表す場合には、

#### 【数3】

$$a_{tk} = \begin{bmatrix} \alpha_{k1} e^{j\phi_{k1}} \\ \alpha_{k2} e^{j\phi_{k2}} \\ \dots \\ \alpha_{km} e^{j\phi_{km}} \end{bmatrix}$$

p 人のユーザに「向けられる」「最適」な重みベクトルは、次のようになる。

#### 【数4】

$$w_k = \begin{bmatrix} e^{-j\phi_{k1}} \\ e^{-j\phi_{k2}} \\ \dots \\ e^{-j\phi_{km}} \end{bmatrix}, \quad k = 1, \dots, p$$

大きな1組の p m ベクトルの n 個の代表的な m ベクトルの組を選択する方法は



多数知られている。それらの中で、「クラスター」方法として文献で知られている方法がある。本明細書では、 $p$  個の重みベクトル（例えば、 $p$  人の既知のリモートユーザに向けられた  $p$  個の重みベクトル）でスタートし、そこから、 $p$  個の重みベクトルの代表である  $n$  個の重みベクトル（コードベクトル）を決定する。使用する特定のクラスター方法について以下に説明する。 $p$  は、リモートユーザの数であるのが好ましいが、この方法は一般的であり、既知のリモートユーザより多くの初期重みベクトルが存在してもよい（以下の説明を参照）。使用方法は、次のように繰り返行なわれる。

【0044】

1.  $p$  個の重みベクトル（これらは、 $w_i$  ( $i=1, \dots, p$ ) で表される) でスタートする。好ましくは、 $p$  は、リモートユーザの数であり、そして  $w_i$  は、 $p$  人のリモートユーザに向けられた最適な重みベクトルである。更に、 $n$  個の初期コードベクトル ( $v_k$  ( $k=1, \dots, n$ ) で表される) でスタートする。好ましくは、初期コードベクトルは、当該角度領域（好ましくは  $360^\circ$  の方位）において  $n$  個の均一に離間された角度に向けられた単位振幅重みベクトルである。

2. 各重みベクトルごとに（即ち各  $i=1, \dots, p$  ごとに）、全ての  $l=1, \dots, n$  に対し  $\|w_i - v_k\| \leq \|w_i - v_l\|$  となるような  $k$  を見出す。これは、各重みベクトル  $w_i$  ごとに、最至近の隣接コードベクトル  $v_k$  を見つける（ユークリッド距離  $\|\cdot\|$  において「最至近」）。ここで使用する基準は、「適合」基準と称され、従って、この適合基準は、最至近ユークリッド距離であるのが好ましい。

【0045】

3. このような各重みベクトル  $w_i$  をその最至近の隣接コードベクトル  $v_k$  に結合（適合）する。コードベクトル  $v_k$  と結合された重みベクトルの数を  $n_k$  で表し、そしてコードベクトル  $v_k$  と結合された重みベクトル  $w_i$  を  $w_{ik}$  として表す。

4. 重みベクトルと、それらが結合されるコードベクトルとの間の平均平方ユークリッド距離を計算する。即ち、次の計算を行い、

【数5】

$$d^2 = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{mk} \|w_{i,k} - v_k\|^2$$

そしてこの繰り返しに対する  $d^2$  の値と、その手前の繰り返しに対する  $d^2$  の値との間の差の大きさが、小さなスレッシユホールド  $\delta d^2$  より小さいかどうかを決定する。もしそうであれば、停止する。1 つの実施形態においては、全ての重みベクトルが 1 に正規化されるときに、 $\delta d^2$  は  $10^{-12}$  となる。最初の繰り返しでは、段階 4 を実施する必要がないことに注意されたい。

【0046】

5. これが最初の繰り返しであるか、又は現在繰り返しと手前の繰り返しとの間の  $d^2$  の差の大きさがスレッシユホールド  $\delta d^2$  以上である場合には、各コードベクトルを  $v_k$  ( $k=1, \dots, n$ ) を、このコードベクトルと結合された  $n_k$  重みベクトル  $w_{i,k}$  の幾何学的セントロイド ( $n$  次元複素数空間における) に置き換える。即ち、各  $v_k$  を次のものに置き換える。

【数6】

$$v_{k,new} = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} w_{i,k}$$

6. 段階 2 へ戻る。

従って、 $p$  個の重みベクトルを代表する  $n$  個のベクトルを決定し、これら  $p$  個のベクトルは、既知のリモートユーザに対して最適な重みベクトルであるのが好ましい。

【0047】

別の実施形態では、隣接ベクトル決定段階 2 及び結合段階 3 における連合基準は、各重みベクトル  $w_i$  を、その最至近の隣接コードベクトルではなく、その最大コサイン角度コードベクトル  $v_k$  と結合することである。2 つのベクトル間の角度のコサインは、正規化ベクトルのドット積であり、

【数7】

$$\cos \theta_{i,k} = \frac{|w_i \cdot v_k|}{\|w_i\| \cdot \|v_k\|}$$

但し、 $\cdot$  は、ドット積である。この場合に、各コードベクトルを置き換える段階

5は、次のように変更される。即ち、コードベクトル $v_k$ と結合された $n_k$ 重みベクトル $w_{i,k}$ を列とするマトリクスにおいて特異値分解(SDV)を実行し、そして各コードベクトル $v_k$  ( $k=1, \dots, n$ )を、コードベクトル $v_k$ と結合された $n_k$ 重みベクトル $w_{i,k}$ においてSDVを実行することにより得られた主たる特異値ベクトルに置き換える。

他の初期値を使用することもできる。例えば、コードベクトルの数 $n$ がアンテナ素子の数 $m$ に等しい場合に適用できる更に別の実施形態では、ウォルシュアダマールの直交重みをコードベクトルの初期組として使用することができる。或いは、DFT直交重みをコードベクトルの初期組として使用してもよい。或いは又、1組のランダムな初期コードベクトルを使用してもよい。

#### 【0048】

好ましい方法を用いてコードベクトルを選択する方法の使用例が、図3a及び3bに、簡単に見るために二次元で示されている。もちろん、実際には、ベクトルが複素数値であり、そして $m$ 次元である。ここに示すケースでは、12個のオリジナルの重みベクトルがあり、そこから、4つ(数字 $n$ )のコードベクトルが発生される。図3a及び3bは、好ましいコードベクトル発生方法の2つの異なる段階(繰り返し)においてその方法の状態を示す。4つのコードベクトルは、丸で示され、図3aでは、333、335、337及び339と番号付けされ、そして図3bでは、343、345、347及び349と番号付けされる。12個のオリジナルの重みは、両図において $x$ で示されている。ある初期組のコードベクトルが最初に指定され、これらは、図3aのコードベクトル333、335、337及び339である。各繰り返しの間に、各重みベクトルは、その最接近のコードベクトルと結合され、空間を4つの領域に分割する。これら領域の境界は、図3aに点線303でそして図3bに点線313で示され、そして領域は、ず3a及び3bに各々に $P1_1-P4_1$ 及び $P1_2-P4_2$ で示されている。任意の段階におけるコードベクトル、例えば、図3bのコードベクトル343、345、347及び349は、各手前の領域の重みベクトルのセントロイドである。従って、図3bのコードベクトル345は、図3aの領域 $P2_1$ における4つの重みベクトルのセントロイドである。コードベクトルをセントロイドに置き換える

と、コードベクトルとオリジナルの重みベクトルとの間の平均ユークリッド距離が減少する。好ましい実施形態の方法は、現在段階（繰り返し） $i$ と、その手前の繰り返しとの間の平均ユークリッド距離の差が、ある所定のスレッシユホールドより小さいときに、停止する。シーケンシングに使用される $n$ 個の重みベクトルは、最後の繰り返し時のコードベクトルである。

#### 【0049】

初期組の $p$ 個の重みベクトルからダウンリンク方法で逐次送信するところの重みベクトルシーケンスとして使用するべき $n$ 個のコードベクトルを決定するための別の方法は、特異値分解（SVD）の使用をベースとする。コードベクトル選択プロセスに適用されるSVD方法は、次のように繰り返行なわれる。

1.  $p$  個の重みベクトルを列とするマトリクス  $[w_1, \dots, w_p]$  において特異値分解を実行する。上述したように、 $p$  はリモートユーザの数であり、そして  $w_i$  は、 $p$  人のリモートユーザに向けられた最適な重みベクトルであるのが好ましい。 $x$  で表される主たる特異値ベクトルに付いて考える。
2.  $p$  個の重みベクトル  $w_1, \dots, w_p$  の各々に対し、重みベクトルと主たる特異値ベクトルとの間の角度のコサインを決定し、即ち次のものを決定する。

【数8】

$$\cos \theta_{i,x} = \frac{|w_i \cdot x|}{\|w_i\| \cdot \|x\|}, \quad i = 1, \dots, p$$

#### 【0050】

3. 1組の重みベクトルを2つの組に分割する。重みベクトルと主たる特異値ベクトルとの間の角度のコサインが、あるスレッシユホールドより小さい場合には、その重みベクトルが第1の組として選択される。さもなくば、その重みベクトルは、第2の組に指定される。
4. 第2の組に対して上記段階1、2及び3を繰り返して、それを2つの組に分割し、そして組の数 $n$ が得られると共に、コードベクトルが反復からの $n$ 個の主たる特異値ベクトルとなるまで、この反復段階4を続ける。

#### 【0051】

ダウンリンク方法で逐次送信すべきところの重みベクトルのシーケンスとして使用するべき  $n$  個のコードベクトルを決定する他の方法も、本発明の範囲から逸脱せずに使用できる。例えば、R. M. グレイ著の上記文献を参照されたい。例えば、ラビナー L. R. 氏等の 2 進分割方法、「LPC 係数についてベクトル量子化装置の特性に注目 (Note on the properties of a Vector Quantizer for LPC Coefficients)」、ベル・システムズ・テクニカル・ジャーナル、第 62 巻、第 8 号、1983 年、10 月、第 2603-2616 ページも参照されたい。この方法及びこの分野で知られた他の「クラスター」方法は、共通のチャンネルブロードキャスト問題に適応させることができ、そしてクラスター方法をいかに適応させるかは、当業者に明らかであろう。

#### 【0052】

上記説明は、 $p$  人のリモートユーザと、 $p$  個の初期重みベクトルとを仮定したが、リモートユーザ当たり 2 つ以上の重みベクトルがあつて、 $p$  が既知のリモートユーザの数より大きくてもよい。例えば、典型的なシステムでは、リモートユーザのある空間的符号は、時間と共に著しく変化するが、他の符号は、そうではない。従つて、VQ 方法の別の実施形態（あらゆる別の VQ 実施に適用できる）では、代表的な 1 組の  $n$  個の重みベクトルを決定すべきところのオリジナルの重みベクトルが、ユーザの重みベクトルの時間に対する記録を含む。更に別の実施形態では、リモートユーザの重みベクトルの統計学的な記録が使用される。

#### 【0053】

本発明の別の実施形態の幾つかが候補となるところの WLL システムにおいてこれを実施するために、通常、各リモートユーザごとに 6 または 7 個の空間的符号が記憶される。更に、空間的符号の短時間（1 つのコールにわたる）及び長時間（多数のコールにわたる）変化を記憶することもできる。

これらの実施形態では、本発明の逐次ブロードキャスト方法に対して使用するべき  $n$  個のコードベクトルの発生は、ユーザの基礎が変化することが分かったときに周期的に実行される。この発生は、オフラインで行なわれてもよいし、又はベースステーション内で信号プロセッサ 105 において行なわれてもよい。

或いは又、 $p$  は、既知のリモートユーザの数より少なくともよい。例えば、2

人以上のリモートユーザをカバーするのに、 $p$  個の重みベクトルの1つで充分である。

#### 【0054】

##### 部分的知識をベースとする方法

一般に、WLLシステムでは、既存のリモートユーザの空間的符号が既知であるが、その符号がまだ分からない何人かの新たなユーザがシステムにいることがある。別の実施形態では、メッセージは、既存のリモートユーザの代表である第1組の $n$  個の重みベクトルの各々と共に逐次送信され、次いで、メッセージは、(ほぼ)全方向ブロードキャスト用設計された第2組の他の数、例えば $n_1$  個の重みベクトルからの付加的な重みベクトル、例えば、直交する重みベクトルと共に再びブロードキャストされるか、又は上述したようにランダム化される(例えば、ランダム位相)。ここで、 $n$  個の代表的な重みベクトルを伴う逐次送信は、第2組の重みベクトルの次の重みで送信する前に繰り返される。このように、ダウンリンクメッセージは、未知のリモートユーザによっても最終的に受信されるが、これは、通常、既知のリモートユーザにより受信される場合より長時間を要する。

#### 【0055】

別の改良された実施形態では、メッセージは、既存のリモートユーザを代表する第1組の $n$  個の重みベクトルの各々と共に逐次送信され、そしてメッセージは、例えば、「親特許」に開示されたいずれかの実施形態を使用して、ほぼ全方向ブロードキャスト用設計された付加的な重みベクトルと共にブロードキャストされる。

移動加入者ユニットにサービスするセルラーシステムの場合には、その位置が時間と共に変化するので、固定の送信重みベクトルを指定することはできない。しかしながら、所与の時間に加入者移動ステーションの大部分が一時的に位置する傾向のある空港や他の輸送センターのような加入者に「魅力的な」位置があるので、1組の好ましい位置が発生される。

#### 【0056】

特定のベースステーションが固定加入者及び移動加入者の両方にサービスする

場合には、組合せ戦略を使用して両方の形式の加入者にサービスすることができ、これは、既知の空間的符号をもつユーザに対する重みベクトルの代表であるコードブック組のVQ重みベクトルを通してシーケンシングし、そしてほぼ全方向ブロードキャスト用設計された適当な1組のランダム位相又は直交重みベクトルを通してシーケンシングすることにより行なわれる。又、既知の関連送信重みベクトル有する非常に多数の移動クライアントを有する傾向のある輪送センターのような魅力的な位置を、VQプロセスにおいて固定加入者ユニットと共に含ませることもできるし、他のアンテナ放射パターンシーケンシングに加えてアクセスすることもできる。加入者ユニットの集中度が異なるセクターは、異なるやり方で処理することができ、例えば、多数のVQコードブックを発生して異なるセクターへ別々にブロードキャストすることもできるし、又は他のシーケンシング戦略と組合せてブロードキャストすることもできる。

# 【0057】

## シミュレーション結果

以下の述べる方法の幾つかは、シミュレーションによって評価されたものである。このシミュレーションにおいて、使用すべき「最適な」重みベクトルは既知であり、「最適」とは、以下で定義する。送信空間符号は、リモートターミナルが、特定の従来チャンネルを経て、ベースステーションの各アンテナアレー素子から信号をいかに受信するか特徴付ける。1つの実施形態では、これは、 $a_t$ で表された複素数値の列ベクトルであって、リモートターミナルの受信器の出力に含まれた各アンテナ素子送信出力の相対的な量（ある固定基準に対する振幅及び位相）を含む。 $m$ 素子アレーの場合には、次の通りであり、

$$a_t = [a_{t1} \ a_{t2} \ \cdots \ a_{tm}]^T$$

但し、 $()^T$ は、移項動作であり、そして $a_{tj}$  ( $j=1, \cdots, m$ ) は、ベースステーションの  $j$  番目のアンテナ素子からリモートターミナルへ送信された単位電力信号に対するリモートターミナル受信出力の振幅及び位相（ある固定基準に対する）である。従って、干渉及びノイズがない場合には、信号  $y_{tj}(t) = w_{tj} * f_n(s(t))$  が、重みシーケンスの  $i$  番目の送信重みと共に、 $j$  番目のアンテナ素子（全部で  $m$  個のアンテナアレー素子の）により送信されたときに、リモート

ターミナル受信出力における信号  $z_i(t)$  は、次のようになる。

【数9】

$$z_i(t) = fn(s(t)) \sum_{j=1}^m w_{ij} * a_{ij} = fn(s(t)) w_i * a_i$$

【0058】

送信空間符号  $a_i$  をもつこのリモートユーザへ信号を最適に送信するために、リモートターミナルにおいて受信電力を最大にする重みベクトル  $w$ 、即ち例えば全放射電力に対して制約を受ける  $|w * a_i|^2$  又は  $|w * a_i|$  を最大にする  $w$  を選択する。これが、上記の「最適な」重みベクトルと称されるものである。このような重みベクトルを  $w_{opt}$  と表すと、重みベクトルシーケンスの有効性を評価するのに使用するのための1つの基準は、全てのリモートユーザ（特定の空間的符号  $a_i$  を各々有する）に対して、次のペナルティ指数  $PNLTY$  を計算することである。

【数10】

$$PNLTY = 20 \log_{10} \left( \frac{|w_{opt} * a_i|}{\max_i |w_i * a_i|} \right) \quad dB$$

この  $PNLTY$  は、小さな値であるのが好ましい。

【0059】

本発明のある観点をテストするためのシミュレーションにおいて、各空間符号（リモートユーザに関連した）は、「幾何学的」部分及び「ランダム」部分で構成されると仮定する。幾何学的部分は、アンテナアレーの各エレメントからリモートユーザに向かって送信される波間の相対的な位相遅延を考慮する。リモートユーザは、各アンテナエレメントの遠フィールド内にと仮定する。幾何学的送信媒体は、放射がリモートユーザへ直線的に進行するように等方性で且つ非分散的であると仮定し、そしてリモートユーザは、各アンテナ素子からリモートユーザへの方向が同じ角度になるようにベースステーションから遠く離れていると仮定する。更に、送信信号は、狭帯域であって、全て同じ搬送波周波数を有すると仮定する。



# 【0060】

空間符号のランダム部分は、実数部分及び虚数部分で形成され、その各々は、0平均及びある変量のガウス分布ランダム変数である。従って、シミュレーションにおいて、（複素数値の）送信空間符号は、次の式で表されると仮定する。

$$a_{\text{E}} = \gamma a_{\text{EG}} + (1 - \gamma) a_{\text{ER}}$$

但し、 $a_{\text{EG}}$ は幾何学的部分であり、 $a_{\text{ER}}$ はランダム部分であり、そして $\gamma$ は、ここでは「クラスターレーティング」と称され、0と1との間の値をとる。従って、 $\gamma = 0$ の値は、完全にランダムな空間符号を意味し、一方、 $\gamma = 1$ の値は、本発明の種々の実施形態をテストするのに使用されるシミュレーションに対する完全に幾何学的な空間符号を意味する。

# 【0061】

図4は、重みシーケンシングを伴わずにシミュレーションを実行した結果を示す。このシミュレーションに対するアンテナアレーは、円の周りに均一に離間された12個の素子より成る。PNLT Y値の3つのヒストグラムが示され、その各々は、空間符号値の合計数Nが10, 000であって、 $\gamma$ （ガンマ）の値が0（完全にランダム）、0.5及び1.0（完全に幾何学的）の場合について各々図4a、4b及び4cに示されている。横軸は、ベナルティ尺度PNLT Yである。重みシーケンシングを行わないと、 $\gamma = 0$ 、 $\gamma = 0.5$ 及び $\gamma = 1.0$ の場合に、各々、PNLT Yの平均値は、14.6 dB、15.0 dB及び29.1 dBである。更に、模擬される加入者ユニットの80%に到達するためには、チャンネル空間符号をいかに模擬するかに基づいて16.0 dBないし19.8 dBの余裕が必要である。

# 【0062】

DFT重みシーケンシングが使用されたときのシミュレーション結果は、10,000回の試行に対し、 $\gamma = 0$ 、 $\gamma = 0.5$ 及び $\gamma = 1.0$ の場合について、各々、図5a、5b及び5cに見ることができる。DFT重みシーケンシングを行う状態では、PNLT Yの平均値は、 $\gamma = 0$ 、 $\gamma = 0.5$ 及び $\gamma = 1.0$ の場合に、各々、5.1 dB、5.2 dB及び7.3 dBである。更に、模擬される加入者ユニットの80%に到達するのに必要な余裕は、ガンマに基づき、6.1

dBないし8.8dBである。これは、シーケンシングを行わない場合からの著しい改善である。

#### 【0063】

又、コードベクトルの数 $n$ がアンテナ素子の数 $m$ に等しい状態で好ましい実施形態のベクトル量子化方法を用いてシミュレーションが行なわれた。即ち、 $n = m = 12$ である。均一に分布された方向重みベクトルが初期組のコードベクトルとして使用され、そしてユークリッド距離（標準）が連合基準として使用された。このシミュレーション結果は、ここでも、10,000回の試行に対し、 $\gamma = 0$ 、 $\gamma = 0.5$ 及び $\gamma = 1.0$ の場合について、各々、図6a、6b及び6cに見ることができる。このようなコードベクトルシーケンシングを行う状態では、PNLT Yの平均値が、 $\gamma = 0$ 、 $\gamma = 0.5$ 及び $\gamma = 1.0$ の場合に、各々、5.4dB、5.0dB及び4.0dBである。更に、模擬される加入者ユニットの80%に到達するのに必要な余裕は、ここでも、ガンマに基づき、5.3dBないし6.4dBである。これは、シーケンシングを行わない場合からの著しい改善である。

#### 【0064】

当業者に明らかなように、本発明の精神及び範囲から逸脱せずに上記方法及び装置に多数の種々の変更がなされ得る。例えば、方法が実施される通信ステーションは、多数のプロトコルの1つを使用してもよい。更に、これらステーションの多数のアーキテクチャーも可能である。更に多くの変更も考えられる。本発明の真の精神及び範囲は、請求の範囲のみによって限定される。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明が実施されるベースステーションの送信処理部分と、送信RF部分とを示す図である。

##### 【図2】

各アンテナ素子の送信経路に後処理手段を伴うベースステーションの送信処理部分と、送信RF部分とを示す図である。

##### 【図3a】

1組の重みベクトルからベクトル量子化コードベクトルを選択する方法の異なる段階（繰り返し）においてクラスター方法の好ましい実施形態を簡単に示す図である。

【図3b】

1組の重みベクトルからベクトル量子化コードベクトルを選択する方法の異なる段階（繰り返し）においてクラスター方法の好ましい実施形態を簡単に示す図である。

【図4a】

重みシーケンスイングを伴わずにシミュレーションを実行した結果を示す図であって、 $\gamma$ （ガンマ）値が0（完全にランダム）で合計10,000回の試行を行った場合のPNLTY尺度のヒストグラムを示す図である。

【図4b】

重みシーケンスイングを伴わずにシミュレーションを実行した結果を示す図であって、 $\gamma$ 値が0.5で合計10,000回の試行を行った場合のPNLTY尺度のヒストグラムを示す図である。

【図4c】

重みシーケンスイングを伴わずにシミュレーションを実行した結果を示す図であって、 $\gamma$ 値が1.0（完全に幾何学的）で合計10,000回の試行を行った場合のPNLTY尺度のヒストグラムを示す図である。

【図5a】

本発明の1つの特徴に基づいて10,000回の試行を行い、 $\gamma=0$ の場合にDFT重みシーケンシングを用いてシミュレーションした結果を示す図である。

【図5b】

本発明の1つの特徴に基づいて10,000回の試行を行い、 $\gamma=0.5$ の場合にDFT重みシーケンシングを用いてシミュレーションした結果を示す図である。

【図5c】

本発明の1つの特徴に基づいて10,000回の試行を行い、 $\gamma=1.0$ の場合にDFT重みシーケンシングを用いてシミュレーションした結果を示す図であ

る。

【図 6 a】

本発明の別の特徴に基づいて 10,000 回の試行を行い、 $\gamma = 0$  の場合にベクトル量子化重みベクトルシーケンシングを用いてシミュレーションした結果を示す図である。

【図 6 b】

本発明の別の特徴に基づいて 10,000 回の試行を行い、 $\gamma = 0.5$  の場合にベクトル量子化重みベクトルシーケンシングを使用してシミュレーションした結果を示す図である。

【図 6 c】

本発明の別の特徴に基づいて 10,000 回の試行を行い、 $\gamma = 1.0$  の場合にベクトル量子化重みベクトルシーケンシングを使用してシミュレーションした結果を示す図である。

【図 1】

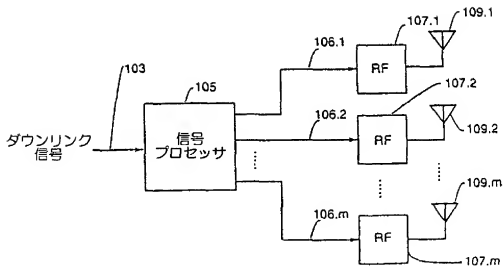


Figure 1

【図2】

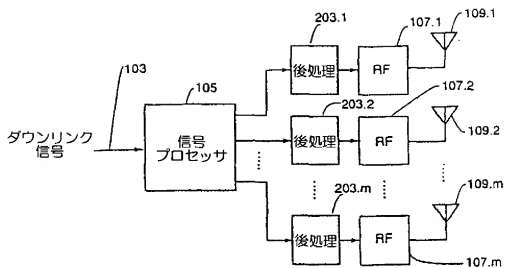


Figure 2

【図3 (a)】

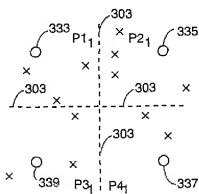


Figure 3(a)

【図3 (b)】

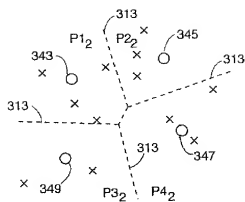


Figure 3(b)

【図4 a】

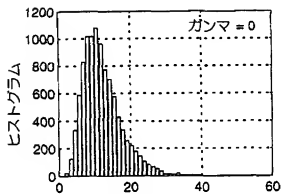


Figure 4(a)

【図4 b】

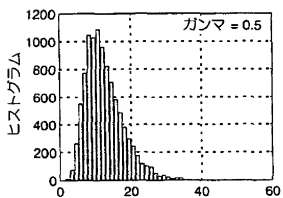


Figure 4(b)

【図 4 c】

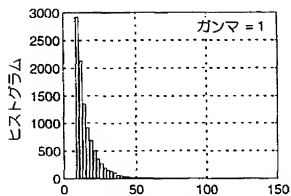


Figure 4(c)

【図 5 a】

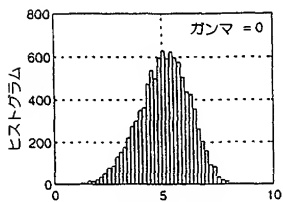


Figure 5(a)

【図 5 b】

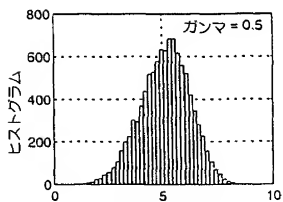


Figure 5(b)

【図 5 c】

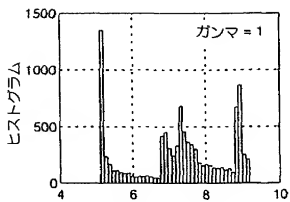


Figure 5(c)

【図 6 a】

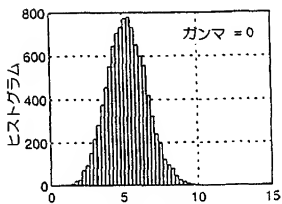


Figure 6(a)

【図 6 b】

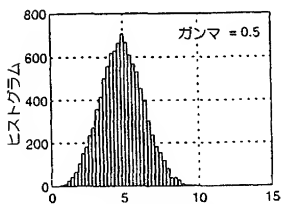
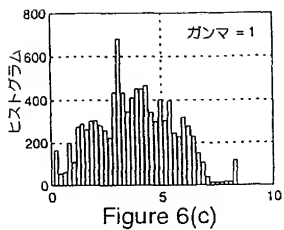


Figure 6(b)



【図 6 c】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

No. national Application No.  
PCT/US 99/02108

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01Q3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search term used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	EP 0 639 035 A (NORTHERN TELECOM LIMITED) 15 February 1995 see column 6, line 34 - column 8, line 3 see column 9, line 2 - line 27 see column 11, line 26 - column 12, line 26 ---	1-4, 6, 7 9-11, 18, 19, 25
Y A	EP 0 777 400 A (TRW INC.) 4 June 1997 see column 5, line 21 - column 6, line 54 see column 8, line 32 - line 50 see column 10, line 6 - line 28 ---	1-4, 6, 7 17
A	GB 2 313 261 A (MOTOROLA LIMITED) 19 November 1997 see page 5, line 21 - page 6, line 7 see page 6, line 20 - page 9, line 27 see figure 7 ---	1-8, 14, 15

-/-

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document (as published or after the international filing date)

"L" document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (see specification)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" inter document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or inventive as considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combinations being devices to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 July 1999

Date of making of the international search report

09/07/1999

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.O. Box 5816 Patentkammer 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Telex 31 651 app nl,  
Fax (+31-70) 340-2016

Authorized officer

Behringer, L.V.

Form PCT/ISA219 (second sheet) July 1993

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 99/02108

C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim no.
A	US 5 649 287 A (FORSSÉN ULF GÖRAN ET AL) 15 July 1997	
A	GB 2 295 524 A (NORTHERN TELECOM LIMITED) 29 May 1996	

2

Form PCT/ISA210 (continuation of second sheet) (July 1992)

page 2 of 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.  
PCT/US 99/02108

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0639035 A	15-02-1995	GB 2281007 A	15-02-1995
		GB 2281008 A	15-02-1995
		GB 2281009 A	15-02-1995
		GB 2281010 A	15-02-1995
		GB 2281175 A	22-02-1995
		GB 2281011 A	15-02-1995
		GB 2281012 A	15-02-1995
		GB 2281176 A	22-02-1995
		EP 0647978 A	12-04-1995
		EP 0647979 A	12-04-1995
		EP 0647980 A	12-04-1995
		EP 0647981 A	12-04-1995
		EP 0647982 A	12-04-1995
		EP 0647983 A	12-04-1995
		JP 7079476 A	20-03-1995
		US 5596329 A	21-01-1997
		US 5602555 A	11-02-1997
		US 5570098 A	29-10-1996
		US 5714957 A	03-02-1998
		US 5565873 A	15-10-1996
EP 0777400 A	04-06-1997	US 5576717 A	19-11-1996
		US 5666123 A	09-09-1997
GB 2313261 A	19-11-1997	US 5771017 A	23-06-1998
		JP 5815116 A	29-09-1998
US 5649287 A	15-07-1997	JP 9182148 A	11-07-1997
		AU 1782897 A	20-11-1997
		BR 9703357 A	15-09-1998
		CA 2202829 A	17-11-1997
		CN 1170282 A	14-01-1998
		EP 0807989 A	19-11-1997
		HU 9700908 A	28-04-1998
		JP 10117162 A	06-05-1998
GB 2295524 A	29-05-1996	AU 5166996 A	16-10-1996
		CA 2216365 A	03-10-1996
		CN 1184561 A	10-06-1998
		EP 0818059 A	14-01-1998
		JP 11502986 T	09-03-1999
		WO 9630964 A	03-10-1996
GB 2295524 A	29-05-1996	DE 69504867 D	22-10-1998
		DE 69504867 T	11-02-1999
		EP 0795257 A	17-09-1997
		WO 9617486 A	06-06-1996
		JP 11502378 T	23-02-1999

Form PCT/ISA210 (patent family annex) July 1992

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW

(72)発明者 ユリク クリストファー アール  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95035 ミルピタス マウント シヤスタ  
アベニュー 1300

(72)発明者 ボイド スチーヴン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94305 スタンフォード サン ユアン  
ロード 663  
(72)発明者 ユン ルイス シー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94043 マウンティン ヴィユー ロック  
ストリート 2210 アパートメント エイ

(72)発明者 ゴールドバーグ マーク エイチ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94062 レッドウッド シティー クオー  
ツ ストリート 575

Fターム(参考) 5J021 AA05 CA06 DB02 DB03 EA04  
FA14 FA15 FA16 FA17 FA20  
FA29 FA32 GA02 HA05 HA10  
5K059 CC02 CC04 DD31  
5K060 CC04 CC11 DD04 HH31 JJ21  
KK03  
5K067 AA03 BB04 CC24 EE02 EE10  
KK02 KK03